

# Гетерогенные кластеры семейства Инпарком

Сергиенко И.В.<sup>1</sup>, Молчанов И.Н.<sup>1</sup>, Перевозчикова О.Н.<sup>1</sup>, Химич А.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт кибернетики им. В.М. Глушкова, просп. Глушкова, 40, Киев, Украина

dept150@insyg.kiev.ua

**Аннотация.** *Предлагается интеллектуальный компьютерный гетерогенный кластер Инпарком–GPU, объединяющий многоядерные процессоры MIMD-архитектуры и графические ускорители SIMD-архитектуры. Знакоориентированный гетерогенный кластер, предназначенный для автоматического исследования свойств компьютерных моделей задач и создания на основе этих исследований топологии из процессоров гетерогенного кластера, генерации программ параллельных вычислений, решения задач и оценки достоверности компьютерных результатов. В состав гетерогенного кластера Инпарком-GPU входят хост-система, обрабатывающая и коммуникационная среды.*

*Программное обеспечение предусматривает три уровня: операционная среда, поддерживающая интеллектуальное программное обеспечение; интеллектуальное численное программное обеспечение для исследования и решения задач вычислительной математики с приближенно заданными исходными данными; прикладное программное обеспечение*

## Ключевые слова

Гетерогенные кластеры, графические процессоры, MIMD-архитектура, SIMD-архитектура, интеллектуальный компьютер, интеллектуальное программное обеспечение.

## 1 Введение

Непрерывно растущие требования к производительности компьютеров в настоящее время удовлетворяют гетерогенные кластеры, объединяющие как процессоры с MIMD-архитектурой, так и графические процессоры SIMD-архитектуры[1]. Их преимущество определяется повышением производительности по сравнению с производительностью традиционных компьютеров, экономией энергоресурсов и снижением стоимости по сравнению с компьютерами той же производительности, но традиционной архитектуры.

Быстрыми темпами идет наращивание количества ядер в современных процессорах. Так, фирма Intel анонсировала на 2012 год 48-ядерный процессор. Для эффективного использования многоядерных процессоров MIMD-архитектуры с несколькими уровнями кэш-памяти необходимы новые алгоритмы и программы, учитывающие особенности архитектуры многоядерных процессоров. Такая же задача возникает и при создании алгоритмов и программ для графических процессоров SIMD-архитектуры.

Для эффективного решения задач на многоядерных компьютерах с графическими процессорами еще более остро стоят вопросы исследования характерных свойств задач и построения соответствующих алгоритмов решения, анализа достоверности компьютерных решений [1]. Кроме того, необходимо проанализировать, какие алгоритмы или их часть с позиции минимизации времени решения целесообразно реализовать на MIMD-компьютерах, а какие на SIMD-архитектурах, какая топология компьютера будет наиболее эффективной и как организовать обмены данными в программах параллельных вычислений.

Таким образом, возникают естественные требования к современным компьютерам:

- решение задач с приближенно заданными исходными данными;
- реализация арифметики с произвольной разрядностью (аппаратно или программно);
- оценка достоверности получаемых компьютерных результатов, которые возможны на основе знаний о свойствах компьютерных моделей задач;

- автоматическое исследование свойств компьютерных моделей задач, которое необходимо как для выбора длины мантии машинного слова, так и для оценки наследственной погрешности в компьютерном решении;
- автоматическое построение вычислительных схем из алгоритмов и программ параллельных вычислений, а также топологии компьютера из процессоров для минимизации времени решения задач и межпроцессорных обменов;
- автоматическая генерация программы параллельных вычислений, реализующей вычислительный процесс на созданной топологии;
- получение результатов решения задач с оценкой достоверности и свойств решаемой компьютерной модели задачи.

Эти требования в значительной мере могут быть выполнены в интеллектуальном многоядерном компьютере.

## 2 Интеллектуальный компьютер Инпарком-GPU

Под интеллектуальным компьютером будем понимать знаниеориентированный компьютер, который в автоматическом режиме исследует свойства решаемой задачи и на основании выявленных свойств строит алгоритм решения, формулирует топологию из процессоров, генерирует код программы параллельных вычислений, а по окончании оценивает достоверность полученных результатов [2, 3, 4, 5].

Предлагается интеллектуальный компьютер – гетерогенный кластер Инпарком-GPU, объединяющий многоядерные процессоры MIMD-архитектуры и графические ускорители SIMD-архитектуры.

В состав компьютера Инпарком-GPU входят хост-система, обрабатывающая и коммуникационная среды. Хост-система управляет многопроцессорным (многоядерным) вычислительным ресурсом, общесистемным мониторингом, общением с терминальными сетями пользователей, визуализацией результатов решения задачи и реализацией той части вычислений и обработки данных, которая не распараллеливается («плохо распараллеливается»).

Обрабатывающая часть, поддерживающая решение задачи с организацией параллельных вычислений, – это однородная масштабируемая структура, состоящая из множества процессоров (с собственной оперативной и дисковой памятью), объединенных коммуникационной средой межпроцессорного взаимодействия. Коммуникационная среда состоит из Gigabit Ethernet; Infiniband и гиперкуба.

Программное обеспечение предусматривает три уровня:

- операционная среда, поддерживающая интеллектуальное программное обеспечение;
- интеллектуальное численное программное обеспечение для исследования и решения задач вычислительной математики с приближенно заданными исходными данными;
- прикладное программное обеспечение, например, для исследования и решения задач анализа прочности конструкций.

В основу операционной среды положены бесплатные решения GNU/Linux. Однако пользователь может выбрать один из трех вариантов установленных ОС: Linux, Windows XP SP2 или Linux+Windows. По желанию пользователя хост автоматически переключается на Linux и Windows с перезагрузкой узлов. Версия Linux на основе Scientific Linux 4.2 оптимизирована под аппаратуру Инпарком-GPU.

В ядре параллельного компьютера - системе передачи сообщений - реализован стандарт де-факто MPI. В Linux установлен MVAPICH, оптимизированный под Infiniband, и LAM MPI, в Windows - MPICH. Для поддержки максимального числа приложений сторонних пользователей настроена распространенная система передачи сообщений PVM.

Бесплатный компилятор GCC в составе Linux поддерживает Си/C++, Фортран и Java. Операционная среда включает сервер Apache с поддержкой PHP-приложения и , стандартных математических библиотек (в том числе ScaLAPACK), тестов (Linpack, Scali), сетевой файловой системы.

Операционная среда обеспечивает:

- формирование задания и его запуск на выбранных вычислительных узлах;
- мониторинг всего компьютера и выполняемых заданий;

- сохранение и визуализацию протоколов параллельных расчетов;
- запуск приложения (параллельной программы) на хост-компьютере;
- работу через локальную сеть и/или Интернет с удаленным доступом;
- разработку параллельных программ;
- администрирование доступных пользователю частей сетевой файловой системы.

Интеллектуальное численное программное обеспечение для исследования и решения задач вычислительной математики с приближенно заданными исходными данными поддерживает: автоматический режим полного исследования и решения задач; решение задач выбранной программой из библиотеки.

Реализованы классы задач:

- системы линейных алгебраических уравнений;
- алгебраическая проблема собственных значений;
- системы нелинейных алгебраических и трансцендентных уравнений;
- системы обыкновенных дифференциальных уравнений с начальными условиями.

Прикладное программное обеспечение, например, для исследования и решения задач анализа прочности конструкций содержит средства:

- формирования геометрической модели конструкции на основе моделей, имеющихся в банке данных;
- формирования в компьютере математической модели задачи;
- формирования конечно-элементной или конечно-разностной модели задачи;
- визуализации конечно-элементного покрытия элемента или исследуемой конструкции;
- формирования в автоматическом режиме дискретной модели задачи и рассылки данных по процессорам выбранной топологии;
- обращения к интеллектуальному численному программному обеспечению для исследования и решения сформулированных конечно-элементных задач на MIMD-компьютере с визуализацией полученных результатов;
- анализа достоверности полученного конечно-элементного или конечно-разностного решения.

### 3 Заключение

Использование знаниеориентированного компьютера и интеллектуального программного обеспечения при решении научно-технических задач освобождают пользователей от многих видов работ как по постановке задач, так и по анализу достоверности получаемых результатов.

Интеллектуальные гетерогенные кластеры семейства Инпарком GPU найдут применение в научно-исследовательских организациях, в высших учебных заведениях, на предприятиях и в организациях, которые занимаются проектированием объектов современной техники, сооружением промышленных и гражданских сооружений и численного моделирования как средства исследования объектов.

### Список литературы

- [1] TOP-500. List of World's Supercomputers. <http://www.top500.org/>.
- [2] И.Н. Молчанов Интеллектуальные компьютеры - средство исследования и решения научно технических задач. *Кибернетика и системный анализ*. – 2004. – № 1. – С. 175 – 179.
- [3] И.Н. Молчанов, О.Л. Перевозчикова, А.Н. Химич. Инпарком-16 – интеллектуальная рабочая станция. *Кибернетика и системный анализ*. – 2007. – № 1. – С. 151 – 155.

- [4] И.Н. Молчанов, О.Л. Перевозчикова, А.Н. Химич. Опыт разработки семейства кластерных комплексов Инпарком. *Кибернетика и системный анализ*. – 2009. – № 6. – С. 88 – 96.
- [5] И.В. Сергиенко, И.Н. Молчанов, А.Н. Химич. Интеллектуальная технология высокопроизводительных вычислений. *Кибернетика и системный анализ*. – 2010 – № 5. – С 164 – 176